

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Attorney Docket No. 277/019

In re patent application of

Yun-woo NAM, et al.

Serial No. (Unassigned)

Filed: Concurrently

Group Art Unit: (Unassigned)

Examiner: (Unassigned)

For: FLEXIBLE MEMS TRANSDUCER AND MANUFACTURING METHOD THEREOF,  
AND FLEXIBLE MEMS WIRELESS MICROPHONE

**CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA. 22313-1450

Sir:

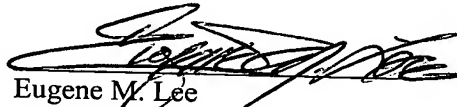
The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said original foreign application:

Korean Application No. 2002-58313, filed September 26, 2002.

Respectfully submitted,

September 25, 2003  
Date

  
Eugene M. Lee  
Reg. No. 32,039  
Richard A. Sterba  
Reg. No. 43,162

LEE & STERBA, P.C.  
1101 Wilson Boulevard Suite 2000  
Arlington, VA 20009  
Telephone: (703) 525-0978

# 대한민국 특허청

## KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

출원 번호 : 10-2002-0058313  
Application Number PATENT-2002-0058313

출원 년 월 일 : 2002년 09월 26일  
Date of Application SEP 26, 2002

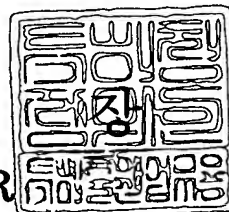
출원인 : 삼성전자 주식회사  
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.



2002 년 11 월 04 일

특 허 청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2002.09.26
【발명의 명칭】	플렉서블 MEMS 트랜스듀서와 그 제조방법 및 이를 채용한 플렉서블 MEMS 무선 마이크로폰
【발명의 영문명칭】	Flexible MEMS transducer and its manufacturing method, and flexible MEMS wireless microphone
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	정홍식
【대리인코드】	9-1998-000543-3
【포괄위임등록번호】	2000-046970-1
【발명자】	
【성명의 국문표기】	남윤우
【성명의 영문표기】	NAM, YUN WOO
【주민등록번호】	650804-2029711
【우편번호】	449-846
【주소】	경기도 용인시 수지읍 풍덕천리 신정마을 현대성우아파트 807동 1403 호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이석한
【성명의 영문표기】	LEE, SUK HAN
【주소】	경기도 용인시 수지읍 풍덕천리 삼성5차아파트 517동 702 호
【국적】	US
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 정홍식 (인)

**【수수료】**

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 9 면 9,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 41 항 1,421,000 원

【합계】 1,459,000 원

【첨부서류】 1. 요약서·명세서(도면)\_1통

## 【요약서】

## 【요약】

플렉서블 MEMS 트랜스듀서와 그 제조방법 및 이를 채용한 플렉서블 MEMS 무선 마이크로폰이 개시된다. 본 발명은, 플렉서블 기판 상에 희생층을 형성하는 단계, 희생층 상에 PECVD공정으로 멤브레인층을 적층시킨 후 패터닝하는 단계, 멤브레인층 상에 하부전극층을 증착시킨 후 패터닝하는 단계; 하부전극층 상에 압전폴리머를 증착하고, 그 위에 상부전극층을 증착한 후 상기 상부전극층을 패터닝한 후, 상기 압전폴리머를 패터닝하여 활성층을 형성하는 단계; 하부전극층에 접속되도록 제1접속패드를 형성하고, 상기 상부전극층에 접속되도록 제2접속패드를 형성하는 단계; 및 희생층을 제거하는 단계;를 포함하는 MEMS 트랜스듀서 제조방법을 제공하고, 이러한 플렉서블 MEMS 트랜스듀서를 이용한 플렉서블 무선 MEMS 마이크로폰을 제공한다. 본 발명에 따른 MEMS 마이크로폰은 PECVD 공정을 도입하여 플렉서블 폴리머 기판을 사용함으로써 유연성, 휨성, 꺾임성을 지니고 소형화, 경량화를 달성하여 착용이 용이하고 형상의 변화가 자유롭다.

## 【대표도】

도 5e

## 【색인어】

플렉서블, MEMS, 마이크로폰, 트랜스듀서, 폴리머 기판

**【명세서】****【발명의 명칭】**

플렉서블 MEMS 트랜스듀서와 그 제조방법 및 이를 채용한 플렉서블 MEMS 무선 마이크로폰 {Flexible MEMS transducer and its manufacturing method, and flexible MEMS wireless microphone}

**【도면의 간단한 설명】**

도 1은 종래의 마이크로폰을 나타낸 단면도.

도 2는 종래의 플렉서블 MEMS 센서를 나타낸 단면도,

도 3은 본 발명에 의한 다이어프램 타입 트랜스듀서를 나타낸 단면도

도 4는 본 발명에 의한 캔틸레버 타입 트랜스듀서를 나타낸 단면도

도 5a 내지 도 5e는 도 4에 도시된 트랜스듀서의 제작 공정을 나타낸 단면도,

도 6은 도 4의 트랜스듀서가 채용된 스킨형 플렉서블 무선 MEMS 마이크로폰을 나타낸 개략도, 그리고,

도 6은 도 4의 트랜스듀서가 채용된 3차원 구조의 무선 마이크로폰 패키징을 나타낸 개략도.

**【발명의 상세한 설명】****【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

- <8> 본 발명은 MEMS 구조물 및 그 제작방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 플렉서블한 기판 상에 형성되는 MEMS 트랜스듀서와 그 제조방법 및 이를 채용한 플렉서블 MEMS 무선 마이크로폰에 관한 것이다.
- <9> 미세 장치에 대한 필요에 따라 미세장치의 집적화를 위해 마이크로머시닝(micromachining)을 이용한 반도체 가공기술이 사용된다. MEMS(Micro Electro Mechanical System)는 이러한 반도체 공정 특히 집적회로 기술을 응용한 마이크로머시닝 기술을 이용하여  $\mu\text{m}$ 단위의 초소형 센서나 액츄에이터 및 전기 기계적 구조물을 제작 실험하는 분야이다.
- <10> MEMS에서 쓰이는 마이크로머시닝 기술은 크게 실리콘 벌크 에칭(bulk etching)에 의한 벌크 마이크로머시닝과 실리콘 위에 다결정 실리콘, 실리콘 질화막 및 산화막 등을 증착하고, 설계된 형상을 따라 식각하여 구조물을 제작하는 표면 마이크로머시닝으로 나눌 수 있다. MEMS 공정을 이용하여 제조되는 초소형 마이크로폰은 벌크 마이크로머시닝 공정을 이용하여 다이어프램 트랜스듀서를 형성하고, 이를 이용하여 달성된다.
- <11> 도 1은 종래의 MEMS 트랜스듀서를 나타낸 단면도로서, 도시된 바와 같이 실리콘 웨이퍼(Si) 상에 실리콘 나이트라이드(Silicon Nitride)의 다이어프램층, CVD 공정에 의해 코팅된  $\text{SiO}_2$ 층, 산화 아연 압전 필름( $\text{ZnO}$ ) 및 상/하부 전극으로 구성된다. 실리콘 웨이퍼 상에 실리콘 나이트라이드 박막 및 실리콘 산화물층을 형성하는 CVD 공정은 공정의

온도가 780℃ ~ 850℃ 정도의 고온 공정이 필요하다. 따라서, 실리콘 웨이퍼 외에 유연성을 지닌 폴리머 재질을 기판으로 채용할 수 없다.

<12> 한편, 정보통신산업의 발달 등으로 핸드 헬드(hand held) 또는 웨어러블(wearable)형 정보 단말기는 그 수요가 급증하고 있으며, 정보통신분야 뿐만 아니라 의료, 서비스, 오락 및 군사용 등 그 응용범위가 매우 다양해지고 있다. 이러한 단말기의 이용의 편리성을 위해서는 부품의 이동성 및 착용성이 좋아야 한다. 특히 웨어러블 시스템을 구현하기 위해서는 플렉서블한 시스템 구조가 필수적이다. 따라서 주로 유연한 기판 위에 기능성 구조물 및 기타 전기적 부품들을 함께 집적하는 기술이 필요하다.

<13> 유연한 기판으로는 금속박막 또는 고분자 계통의 재료가 사용되는데 고분자 재료가 전자 시스템에는 더 적합하다. 그러나 고분자 재료는 500℃이하의 낮은 녹는 점을 가지므로 고분자 재료 상에 박막 제작공정의 온도가 높을 경우 고분자 재질에 매우 치명적이다. 따라서, MEMS 제작공정에 녹는점 이상의 온도가 필요할 경우에는 웨이퍼 등의 기판으로 고분자 재질을 사용할 수 없다. 그런데, 일반적으로 사용되고 있는 성능과 집적도 면에서 뛰어난 실리콘 MEMS 공정 및 반도체 공정은 주로 500℃ 이상의 고온 공정을 사용하고 있으므로, 플렉서블한 시스템 구조를 위해 필요한 고분자 폴리머 재질의 기판을 채용할 수 없다.

<14> 즉, 종래의 MEMS 구조물은 기판 상에 CVD(Chemical Vapor Deposition)공정으로 박막을 증착하고 이를 식각 또는 에칭하여 구조물을 형성하였다. 그런데 CVD 공정을 이용하여 실용성이 높은 박막을 만들 때에는 아주 고온을 필요로 하게 되므로 폴리머나 글라스 등 저융점의 기판을 사용할 수 없게 된다.



<15> 이러한 문제점을 극복하기 위해서 미국 등록특허 6,071,819는 도 2에 도시된 바와 같이 실리콘 기판(10)에 실리콘 MEMS 공정을 이용하여 센서(30) 디바이스를 제작한 후에 실리콘 기판(10) 뒷면으로부터 실리콘-아일랜드(Si-Island) 사이를 커팅한 후 폴리머(11)를 증착하여 유연성을 부여하였다. 그러나 이러한 방법을 사용할 경우 종래의 실리콘 MEMS 공정을 그대로 사용하므로 고온공정이 그대로 적용되며 최종으로 폴리머 공정을 추가하여 공정이 복잡하고 단가가 높다는 단점이 있다.

**【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】**

<16> 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은, PECVD 공정을 이용하여 플렉서블한 폴리머 기판 상에 MEMS 트랜스듀서 구조물을 형성함으로써 유연성, 휨성, 꺾입성을 가지는 마이크로폰을 제작할 수 있도록 하는 것이다.

**【발명의 구성 및 작용】**

<17> 상기 목적에 따라 본 발명은, 플렉서블한 재질의 기판; 소정 길이의 부상부를 구비하며 상기 기판 상에 증착되는 멤브레인층; 멤브레인층 위에 도전물질을 증착하여 형성되는 하부전극층; 하부전극층 위에 압전 폴리머를 증착하여 형성되는 활성층; 활성층 위에 도전물질을 증착하여 형성되는 상부전극층; 하부전극층과 전기적으로 접속되는 제1접속패드; 및 상부전극층과 전기적으로 접속되는 제2접속패드;를 포함하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서를 제공한다.

<18> 상기 기판 상에 실리콘 나이트라이드, 실리콘산화물 중 어느 하나를 그 두께가 0 ~ 10 $\mu$ m 범위가 되도록 피막하여 형성된 제1보호층을 더 포함하는 것이 바람직하다.

- <19> 상기 기판은 폴리 이미드와 같은 플렉서블한 고분자 물질을 소재로 하는 것이 바람직하다.
- <20> 상기 멤브레인층은 실리콘 나이트라이드를 그 두께가 0 ~ 5 $\mu$ m 되도록 PECVD 공정으로 증착하여 형성하는 것이 바람직하다.
- <21> 상기 상부전극층과 상기 하부전극층은 금속, 전도성폴리머 중에서 선택된 어느 하나를 소재로 그 두께가 0.01 $\mu$ m ~ 5 $\mu$ m 되도록 형성하는 것이 바람직하다.
- <22> 상기 활성층은 공진 주파수가 1Hz ~100kHz 되도록 PVDF, PVDF-TrEF, TrEF, Polyurea, Polyimid, Nylon 과 같은 압전폴리머를 두께는 1 $\mu$ m ~ 10 $\mu$ m, 길이는 50 $\mu$ m ~ 1000 $\mu$ m 범위가 되도록 증착하여 형성하는 것이 바람직하다.
- <23> 상기 상부전극층과 상기 하부전극층 및 상기 활성층을 커버하도록 실리콘 나이트라이드 또는, 실리콘 산화물을 두께가 1 $\mu$ m ~ 10 $\mu$ m되도록 증착하여 형성되는 제2보호층을 더 포함하는 것이 바람직하다.
- <24> 한편, 본 발명은, 플렉서블 기판 상에 희생층을 형성하는 단계; 희생층 상에 PECVD 공정으로 멤브레인층을 적층시킨 후 패터닝하는 단계; 멤브레인층 상에 하부전극층을 증착시킨 후 패터닝하는 단계; 하부전극층 상에 활성층을 증착하고, 그 위에 상부전극층을 증착한 후 상기 상부전극층을 패터닝한 후, 상기 활성층을 패터닝하는 단계; 하부전극층에 접속되도록 제1접속패드를 형성하고, 상기 상부전극층에 접속되도록 제2접속패드를 형성하는 단계; 및 희생층을 제거하는 단계;를 포함하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서 제작방법을 제공한다.

- <25>      상기 희생층 형성 단계는 기판 상에 폴리이미드를 그 두께가 0~10 $\mu$ m 되도록 코팅하고, 설정된 멤브레인층의 형상에 따라 습식 또는 건식 에칭에 의해 패터닝하는 것이 바람직하다.
- <26>      상기 멤브레인층 형성 단계는 상기 희생층 상에 PECVD 공정으로 실리콘 나이트라이드를 적층한 후 건식 에칭 방법으로 패터닝하는 것이 바람직하다.
- <27>      상기 활성층 형성 단계는 하부전극층 상에 스핀코팅 또는 이바포레이션 공정으로 PVDF, PVDF-TrEF, TrEF, Polyurea, Polyimid, Nylon 등 과 같은 압전폴리머를 그 두께가 0~10 $\mu$ m 되도록 적층한 후 습식 또는 건식 에칭방법으로 패터닝하는 것이 바람직하다.
- <28>      상기 상부전극층 상에, 상기 상부전극층과 상기 하부전극층 및 상기 활성층을 커버하도록 상기 제2보호층을 형성하는 단계를 더 포함하되, 상기 제2보호층은 PECVD공정으로 실리콘나이트라이드, 실리콘산화물 중에서 어느 하나를 그 두께가 0~10 $\mu$ m 되도록 증착시키고 습식 또는 건식 에칭으로 패터닝하여 형성하는 것이 바람직하다.
- <29>      상기 제1접속패드는 상기 하부전극층과 접속되는 위치의 상기 제2보호층을 습식 또는 건식 에칭으로 패터닝하고, 상기 제2접속패드는 상기 상부전극층과 접속되는 위치의 상기 제2보호층을 습식 또는 건식 에칭으로 패터닝한 후, 금속 또는 전도성 폴리머를 증착하고, 습식 또는 건식 에칭으로 패터닝하여 형성하는 것이 바람직하다.
- <30>      한편, 본 발명은 다른 목적을 달성하기 위하여, 플렉서블한 폴리머 재질의 기판; 기판 상에 PECVD 공정으로 형성되는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서 구조물; 기판 상에 프린트되어 외부에 신호를 전달하는 안테나; 기판에 임베디드되어 플렉서블 MEMS 트랜스듀서와 상기 안테나에 신호를 전달하는 와이어 및 인터페이스 회로; 기판에 결합되어 상기

MEMS 트랜스듀서에 전원을 인가하는 플렉서블 밧데리층; 및 밧데리층에 결합되는 플렉서블 블루투스 모듈층;을 포함하는 플렉서블 무선 MEMS 마이크로폰을 제공한다.

<31>       상기 기판은 폴리이미드와 같은 플렉서블한 고분자 물질을 소재로 하고, 상기 밧데리층은 종이와 같은 형상의 폴리머 밧데리 특히, 플렉서블 솔라 셀을 소재로 하며, 상기 플렉서블 MEMS 트랜스듀서는 상기 기판 상에 상기 희생층을 증착한 후 PECVD 공정으로 차례로 증착되어 패터닝되는 멤브레인층, 하부전극층, 압전폴리머 활성층, 상부전극층, 상기 하부전극층, 상기 상부전극층과 각각 접속되는 접속패드를 포함하는 것이 바람직하다.

<32>       그리고, 상기 플렉서블 MEMS 트랜스듀서 구조물이 형성되고, 상기 안테나가 프린트되며, 상기 와이어 및 인터페이스회로가 임베디드된 상기 플렉서블 기판은, 설정된 각도에 따라 꺾이는 꺾임성을 구비하는 것이 바람직하다.

<33>       또한, 본 발명은, PECVD 공정으로 형성되는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서 구조물이 형성되고, 상기 MEMS 트랜스듀서 구조물에 연결되어 외부에 신호를 전달하는 안테나가 프린트되며, 상기 MEMS 트랜스듀서와 상기 안테나에 신호를 전달하는 와이어 및 인터페이스회로가 임베디드된 플렉서블 기판; 플렉서블 밧데리층; 및 블루투스 모듈층을 소정 두께로 차례로 적층하여 구성된 플렉서블 MEMS 무선 마이크로폰을 제공한다.

<34>       상기 플렉서블 MEMS 무선 마이크로폰은, 설정된 각도에 따라 꺾이는 꺾임성을 구비하여, 소정의 3차원 모형을 구성하는 면의 형상에 따라 절단하고, 설정된 각도에 따라 꺾어서 상기 3차원 모형으로 조립하여 형성되는 것이 바람직하다.

<35>       이하에서는 첨부도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세하게 설명한다.

<36> 도 3은 본 발명에 따른 다이어프램 타입 플렉서블 트랜스듀서의 단면을 나타낸 도면이고, 도 4는 캔틸레버 타입 트랜스듀서의 단면을 나타낸 도면이다. 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 트랜스듀서는 PECVD 또는 스퍼터링 공정으로 실리콘 나이트라이드 또는 실리콘 산화물 중 선택된 어느 하나를 증착하여 형성된 제1보호층(110)이 코팅된 플렉서블 기판(100)과, 저온 공정인 PECVD 공정에 의해 형성되는 멤브레인층(220), 하부전극층(230), 압전 폴리머 활성층(240), 상부전극층(250), 및 접속단자(271,272)를 포함하는 트랜스듀서 구조물로 구성된다. 다이어프램 타입 또는 캔틸레버 타입의 트랜스듀서는 상기 멤브레인층(220)의 부상부를 형성하기 위해 기판(100)상에 희생층을 형성한 후 희생층 상에 멤브레인층(230)을 증착한 후 희생층을 에치트로 제거하는 방법을 사용한다. 희생층 제거 시 캔틸레버 타입의 경우 일측이 오픈되어 있으므로 오픈된 측으로 희생층을 제거하고, 다이어프램 타입의 경우 멤브레인층(220)의 부상부에 소정의 통공을 에칭하여 형성하고, 통공을 통해 에치트를 주입한 후 희생층을 제거한다.

<37> 도 5a 내지 도 5e 는 본 발명에 따른 캔틸레버 타입의 플렉서블 트랜스듀서의 제작공정의 일 실시예를 순차적으로 도시한 도면이다. 도시되는 트랜스듀서는 캔틸레버 타입의 트랜스 듀서로 이하에서는 도 5a 내지 도 5e를 참조하여 캔틸레버 타입 트랜스듀서를 예로 들어 설명한다.

<38> 도 5a에 도시된 바와 같이 플렉서블 트랜스듀서의 제작공정은 플렉서블 기판(100)에 제1보호층(110)을 코팅하는 것으로 시작된다. 플렉서블 기판(100)으로는 폴리머나 폴리이미드와 같은 고분자 계열의 재료 또는 금속박막과 같이 플렉서블한 성질을 가진 재질이 사용될 수 있다. 마이크로폰과 같은 일렉트로닉 시스템에는 고분자 계열의 재료가

바람직하다. 제1보호층(110)은 PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) 또는 스퍼터링(sputtering) 공정에 의한 실리콘 나이트라이드 또는 실리콘 산화물 코팅에 의해 형성된다. PECVD 또는 스퍼터링 공정을 사용하면 400℃ 이하의 저온공정이 가능하게 된다. 제1보호층(110)은 기판(100)을 보호하며 이후 적층되는 레이어의 부착력을 증진시킨다.

<39> 도 5b에 도시된 바와 같이 제1보호층(110)이 코팅된 기판(100) 상에는 부상부를 갖는 멤브레인층의 형상을 형성하기 위해 희생층(210)이 적층된다. 희생층(210)은 폴리이미드를 0 ~ 1  $\mu\text{m}$ 의 두께로 코팅한 후 설계된 멤브레인층의 형상에 따라 패터닝하여 형성한다. 패터닝된 희생층(210) 위에 멤브레인층(220)을 적층한다. 멤브레인층(220)은 저온공정을 위하여 PECVD 공정에 의해 실리콘 나이트라이드를 코팅하여 형성한다. 멤브레인층(220) 위에는 하부전극층(230)이 증착된다. 하부전극층(230)은 알루미늄 등의 금속 또는 전도성 폴리머를 증착한 후 습식 또는 건식 에칭 방법으로 패터닝하여 형성한다. 하부전극층(230) 상에는 하부전극층(230)과 멤브레인층(220)을 모두 커버하도록 활성층(240)을 코팅한다. 활성층은 PVDF, PVDF-TrEF, TrEF, Polyuream Polyimid, Nylon 등의 압전폴리머를 스핀코팅 또는 이바포레이션 공정으로 코팅하여 형성된다.

<40> 상기 압전폴리머 위에는 도 5c에 도시된 바와 같이 상부전극층(250)을 증착한다. 알루미늄 등의 금속 또는 전도성 폴리머를 증착하여 상부전극층(250)을 형성한 후 습식 또는 건식 에칭 방법으로 패터닝하여 상부전극층(250)을 형성하고, 습식 또는 건식 에칭으로 코팅된 압전 폴리머를 패터닝하여 활성층(240)을 형성한다.

<41> 그리고, 도 5d에 도시되는 바와 같이 희생층(210)을 에칭에 의해 제거할때 압전 폴리머 활성층(240)을 보호하기 위하여, 상/하전극층(230, 250)과 활성층(240)이 모두

커버되도록 PECVD 공정으로 실리콘 나이트라이드 또는 실리콘 산화물을  $1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$  두께로 증착하여 제2보호층(260)을 형성한다. 제2보호층(260)을 형성한 후 상/하전극층(230, 250)에 각각 전기적으로 접속되는 접속패드(271, 272)를 형성한다. 접속패드(271, 272)는 상/하전극층(230, 250)에 각각 연결될 수 있는 위치의 제2보호층(260)을 패터닝한 후 알미늄과 같은 금속 또는 전도성폴리머를 코팅한 후 패터닝하여 형성된다.

<42> 마지막으로 도 5e에 도시되는 바와 같이 희생층(210)을 에칭하여 제거하고, 활성층(240)을 폴링(poling)하여 MEMS 트랜스듀서를 완성한다.

<43> 상기와 같은 제작방법을 사용하면 PECVD와 같은 저온 공정을 사용함으로써 폴리머와 같은 플렉서블 기판(100)에 트랜스듀서 구조물(200)을 형성할 수 있게 된다. 즉, 본 발명에 의한 트랜스듀서 구조물(200)은  $780^{\circ}\text{C} \sim 850^{\circ}\text{C}$  정도의 고온공정이 필요한 CVD 공정 대신에 PECVD 공정 또는 스퍼터링 공정을 도입하여 박막을 증착하였다. 기존의 CVD 공정이 열에너지를 반응에 필요한 에너지원으로 이용하고 있는 반면에 PECVD는 플라즈마를 이용함으로써 그 만큼 열에너지를 줄일 수 있게 되어 저온에서 박막을 형성할 수 있게 된다. 즉, 낮은 온도에서 트랜스듀서 구조물(200)을 구성하는 박막을 증착할 수 있게 되므로 플렉서블한 폴리머 기판(100)을 사용할 수 있게 된다. 따라서, 유연한 재료의 플렉서블 마이크로폰을 형성할 수 있게 되는 것이다.

<44> 한편, 본 발명은 이와 같은 플렉서블 MEMS 트랜스듀서를 이용하여 플렉서블하고 방향성이 자유로운 마이크로폰을 제공한다. 도 6은 이와 같은 스킴형 플렉서블 무선 마이크로폰의 일 실시예를 나타낸 개략도이다. 도면에서 도시하는 바와 같이 플렉서블 MEMS 트랜스듀서를 사용한 플렉서블 마이크로폰은 플렉서블 기판(100) 상에 PECVD 공정을 이

용하여 상기한 바와 같은 MEMS 트랜스듀서 구조물(200)을 형성하고, 외부와의 통신을 위한 필름 안테나(300)를 기판(100) 일측에 프린트하고, 이들 사이를 연결하는 임베디드 와이어 및 인터페이스 회로(400)를 기판(100)에 형성한다. 그리고, 종이와 같은 형상의 플렉서블 폴리머 솔라 셀(solar cell)을 사용한 밧데리층(500)과 플렉서블 블루투스 모듈층(600)을 상기 기판(100)과 함께 적층한다.

<45> 이와 같이 트랜스듀서 구조물이 형성된 기판(100)과 밧데리층(500) 및 플렉서블 블루투스 모듈층(600)을 함께 적층하여 소정 두께의 플렉서블 MEMS 마이크로폰을 제작하면 스킨형으로 이용할 수 있게 된다. 이와 같은 스킨형 플렉서블 MEMS 마이크로폰은 플렉서블하고 방향성이 자유로우므로 웨어러블(wearable) 장치에 이용할 수 있다.

<46> 또한, 본 발명에 의한 플렉서블 무선 마이크로폰은 기판(100)이 꺾임성을 가지므로 원하는 3차원 형상으로 패키징할 수 있다. 도 7은 이러한 플렉서블 무선 마이크로폰을 패키징(packaging)한 일 실시예를 나타낸 개략도이다. 도면에 도시된 바와 같이 트랜스듀서 구조물(200)이 형성되고, 안테나(300)가 프린트되며, 와이어 및 인터페이스 회로(400)가 임베디드된 기판(100)을 설정된 3차원 형상 마이크로폰 패키징의 전개도에 따라 절단하고 설정된 각도에 따라 꺾어서 상기 3차원 형상으로 조립하여 원하는 3차원 구조의 마이크로폰을 완성한다.

<47> 종이와 같은 기판(100)에 플렉서블 MEMS 트랜스듀서가 형성되므로 패키징할 마이크로폰의 3차원 구조에 따라 상기 기판(100)을 재단하고 꺾어서 원하는 형상으로 조립하여 패키징할 수 있게 된다.



<48>       상기 도 6과 같이 기판(100)과, 밧데리층(500), 및 블루투스 모듈층(600)이 함께 적층된 스킨형 마이크로폰을 한꺼번에 재단 및 폴딩하여 3차원 구조로 패키징하여 3차원 구조의 무선 MEMS 마이크로폰을 구성할 수 있다. 또한, 도 7과 같이 플렉서블 밧데리층(500)과, 플렉서블 블루투스 모듈층(600)을 3차원 구조로 조립한 후, 트랜스듀서 구조물(200), 안테나(300), 와이어(400), 및 인터페이스회로가 형성된 기판을 설정된 3차원 구조에 따라 전개도를 설계하여 절단하고, 폴딩(folding)하여 조립된 플렉서블 밧데리층(500)과 블루투스 모듈층(600)과 함께 조립하여 3차원 구조의 무선 MEMS 마이크로폰을 형성한다.

<49>       즉, 본 발명에 의한 마이크로폰 구조물은 플렉서블한 폴리머 기판을 사용하므로 휨성 및 꺾임성이 있다. 따라서 적층된 기판을 패키징하고자 하는 3차원 구조에 따라 절단하고 꺾어 조립하여 원하는 구조로 패키징 할 수 있게 된다.

#### 【발명의 효과】

<50>       이상 설명한 바와 같이, 본 발명에 따르면 트랜스듀서 구조물을 저온공정으로 제작할 수 있게 되어 플렉서블 폴리머 기판을 채용할 수 있다. 따라서, 간단한 공정으로 집적도, 이동성, 유연성, 휨성, 꺾임성 및 착용성이 뛰어난 플렉서블 마이크로폰 시스템을 저온 및 저가로 제작할 수 있다. 또한, 소정 두께의 스킨형 마이크로폰으로 인체에 부착가능하게 패키징 할 수 있고, 휨성, 꺾임성을 이용하여 3차원 구조로 패키징 할 수 있으므로 패키징 모양을 자유롭게 설계할 수 있다. 그리고, 유연하고 소형 경량이므로 착용이 용이하고 형상 변화가 자유롭다.

<51>       또한, 유연성을 지닌 마이크로폰은 사용 용도에 적합한 형상을 자유롭게 제작할 수 있어 스킨형으로 사용할 수 있을 뿐만 아니라 원하는 형상으로 패키징 할 수 있는 플렉

서블 MEMS 트랜스듀서 및 그 제작방법과 이를 채용한 플렉서블 MEMS 마이크로폰을 제공하는 것이다.

<52>       이상에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대해서 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 상술한 특정의 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 범위 내에 있게 된다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

플렉서블한 재질의 기판;

소정 길이의 부상부를 구비하며 상기 기판 상에 증착되는 멤브레인층;

상기 멤브레인층 위에 도전물질을 증착하여 형성되는 하부전극층;

상기 하부전극층 위에 압전 폴리머를 증착하여 형성되는 활성층;

상기 활성층 위에 도전물질을 증착하여 형성되는 상부전극층;

상기 하부전극층과 전기적으로 접속되는 제1접속패드; 및

상기 상부전극층과 전기적으로 접속되는 제2접속패드;를 포함하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서.

**【청구항 2】**

제 1항에 있어서,

상기 기판 상에 피막된 제1보호층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서.

**【청구항 3】**

제 2항에 있어서,

상기 제1보호층은, 실리콘 나이트라이드, 실리콘산화물 중 어느 하나를 소재로 하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서.

**【청구항 4】**

제 2항에 있어서,

상기 제1보호층은 그 두께가 0 ~ 10 $\mu$ m인 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서.

**【청구항 5】**

제 1항에 있어서,

상기 기판은 플렉서블한 고분자 물질을 소재로 하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서.

**【청구항 6】**

제 5항에 있어서,

상기 고분자 물질은 폴리이미드인 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서.

**【청구항 7】**

제 1항에 있어서,

상기 멤브레인층은 실리콘 나이트라이드를 소재로 하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서.

**【청구항 8】**

제 1항에 있어서,

상기 멤브레인층은 그 두께가 0 ~ 5 $\mu$ m인 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서.

**【청구항 9】**

제 1항에 있어서,

상기 상부전극층과 상기 하부전극층은 금속, 전도성폴리머 중에서 선택된 어느 하나를 소재로 형성된 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서.

**【청구항 10】**

제 1항에 있어서,

상기 하부전극층은 그 두께가  $0.01\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서.

**【청구항 11】**

제 1항에 있어서,

상기 상부전극층은 그 두께가  $0.01\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서.

**【청구항 12】**

제 1항에 있어서,

상기 압전폴리머는 PVDF, PVDF-TrEF, TrEF, Polyurea, Polyimid, Nylon 중에서 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서.

**【청구항 13】**

제 1항에 있어서,

상기 활성층은 그 두께가  $1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서.

**【청구항 14】**

제 1항에 있어서,

상기 활성층은 공진 주파수가 1Hz ~100kHz인 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서.

【청구항 15】

제 1항에 있어서,

상기 활성층은 그 길이가  $50\mu\text{m}$  ~  $1000\mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서.

【청구항 16】

제 1항에 있어서,

상기 상부전극층과 상기 하부전극층 및 상기 활성층을 커버하는 제2보호층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서.

【청구항 17】

제 16항에 있어서,

상기 제2보호층은 실리콘 나이트라이드, 실리콘 산화물 중 선택된 어느 하나를 소재로 하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서.

【청구항 18】

제 16항에 있어서,

상기 제2보호층은 그 두께가  $1\mu\text{m}$  ~  $10\mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서.

【청구항 19】

플렉서블 기판 상에 희생층을 형성하는 단계;

상기 희생층 상에 PECVD공정으로 멤브레인층을 적층시킨 후 패터닝하는 단계;

상기 멤브레인층 상에 하부전극층을 증착시킨 후 패터닝하는 단계;

상기 하부전극층 상에 활성층을 증착하고, 그 위에 상부전극층을 증착한 후 상기 상부전극층을 패터닝한 후, 상기 활성층을 패터닝하는 단계;

상기 하부전극층에 접속되도록 제1접속패드를 형성하고, 상기 상부전극층에 접속되도록 제2접속패드를 형성하는 단계; 및

상기 희생층을 제거하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서 제작방법.

#### 【청구항 20】

제 19항에 있어서

상기 희생층을 적층하기 전에 상기 플렉서블 기판 상에 PECVD 공정 또는 스퍼터링 공정으로 실리콘 나이트라이드, 실리콘 산화물 중 어느 하나의 소재로 증착하여 제1보호층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서 제작방법.

#### 【청구항 21】

제 19항에 있어서

상기 희생층 형성 단계는 폴리이미드를 코팅하고, 상기 멤브레인층의 형상에 따라 습식 또는 건식 에칭에 의해 패터닝하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서 제작방법.

**【청구항 22】**

제 19항에 있어서,

상기 회생층은 그 두께가 0~10 $\mu$ m 되도록 형성하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서 제작방법.

**【청구항 23】**

제 19항에 있어서

상기 멤브레인층 형성 단계는, 상기 회생층 상에 PECVD 공정으로 실리콘 나이트라이드를 적층한 후 건식 에칭 방법으로 패터닝하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서 제작방법.

**【청구항 24】**

제 19항에 있어서

상기 활성층 형성 단계는, 하부전극층 상에 스핀코팅 또는 이바포레이션 공정으로 압전폴리머를 적층한 후 습식 또는 건식 에칭방법으로 패터닝하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서 제작방법.

**【청구항 25】**

제 24항에 있어서,

상기 압전폴리머는 PVDF, PVDF-TrEF, TrEF, Polyurea, Polyimid, Nylon 중에서 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서 제작방법.

**【청구항 26】**

제 19항에 있어서



상기 활성층을 그 두께가 0~10 $\mu$ m 되도록 형성하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서 제작방법.

【청구항 27】

제 19항에 있어서

상기 상부전극층 상에, 상기 상부전극층과 상기 하부전극층 및 상기 활성층을 커버하도록 상기 제2보호층을 형성하는 단계를 더 포함하되, 상기 제2보호층은 PECVD공정으로 실리콘나이트라이드, 실리콘산화물 중에서 어느 하나를 증착시키고 습식 또는 건식 에칭으로 패터닝하여 형성하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서 제작방법.

【청구항 28】

제 27항에 있어서,

상기 제2보호층은 그 두께가 0~10 $\mu$ m 되도록 형성하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서 제작방법.

【청구항 29】

제 19항에 있어서

상기 제1접속패드는 상기 하부전극층과 접속되는 위치의 상기 제2보호층을 습식 또는 건식 에칭으로 패터닝하고, 상기 제2접속패드는 상기 상부전극층과 접속되는 위치의 상기 제2보호층을 습식 또는 건식 에칭으로 패터닝한 후, 금속 또는 전도성 폴리머를 증착하고, 습식 또는 건식 에칭으로 패터닝하여 형성되는 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서 제작방법.

**【청구항 30】**

플렉서블한 폴리머 재질의 기판;

상기 기판 상에 PECVD 공정으로 형성되는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서 구조물;

상기 기판 상에 프린트되는 안테나;

상기 기판에 임베디드되어 상기 플렉서블 MEMS 트랜스듀서와 상기 안테나에 신호를 전달하는 와이어 및 인터페이스 회로;

상기 기판에 결합되는 플렉서블 배터리층; 및

상기 배터리층에 결합되는 플렉서블 블루투스 모듈층;을 포함하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 무선 MEMS 마이크로폰.

**【청구항 31】**

제 30항에 있어서,

상기 기판은 플렉서블한 고분자 물질을 소재로 하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 무선 마이크로폰.

**【청구항 32】**

제 31항에 있어서,

상기 고분자 물질은 폴리이미드 인것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 무선 마이크로폰.

**【청구항 33】**

제 30항에 있어서,

상기 밧데리층은 종이와 같은 형상의 폴리머 밧데리인 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 무선 마이크로폰.

**【청구항 34】**

제 30항에 있어서,

상기 밧데리층은 플렉서블 솔라 셀인 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 무선 마이크로폰.

**【청구항 35】**

제 30항에 있어서,

상기 플렉서블 MEMS 트랜스듀서는 상기 기판 상에 상기 희생층을 증착한 후 PECVD 공정으로 차례로 증착되어 패터닝되는 멤브레인층, 하부전극층, 압전폴리머 활성층, 상부전극층, 상기 하부전극층, 상기 상부전극층과 각각 접속되는 접속패드를 포함하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 무선 마이크로폰.

**【청구항 36】**

제 30항에 있어서,

상기 플렉서블 MEMS 트랜스듀서 구조물이 형성되고, 상기 안테나가 프린트되며, 상기 와이어 및 인터페이스회로가 임베디드된 상기 플렉서블 기판은, 설정된 각도에 따라 꺾이는 꺾임성을 구비한 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 무선 마이크로폰.

**【청구항 37】**

제 36항에 있어서,

상기 각도는  $0^{\circ}$ ~  $180^{\circ}$ 중에서 선택된 어느 한 각도인 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 무선 마이크로폰.

【청구항 38】

PECVD 공정으로 형성되는 플렉서블 MEMS 트랜스듀서 구조물이 형성되고, 상기 MEMS 트랜스듀서 구조물에 연결되어 외부에 신호를 전달하는 안테나가 프린트되며, 상기 MEMS 트랜스듀서와 상기 안테나에 신호를 전달하는 와이어 및 인터페이스회로가 임베디드된 플렉서블 기판; 플렉서블 배터리층; 및 블루투스 모듈층을 소정 두께로 차례로 적층하여 구성된 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 무선 마이크로폰.

【청구항 39】

제 38항에 있어서,

상기 플렉서블 MEMS 무선 마이크로폰은, 설정된 각도에 따라 꺾이는 꺾임성을 구비한 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 무선 마이크로폰.

【청구항 40】

제 38항에 있어서,

상기 각도는  $0^{\circ}$ ~  $180^{\circ}$ 중에서 선택된 어느 한 각도인 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 무선 마이크로폰.

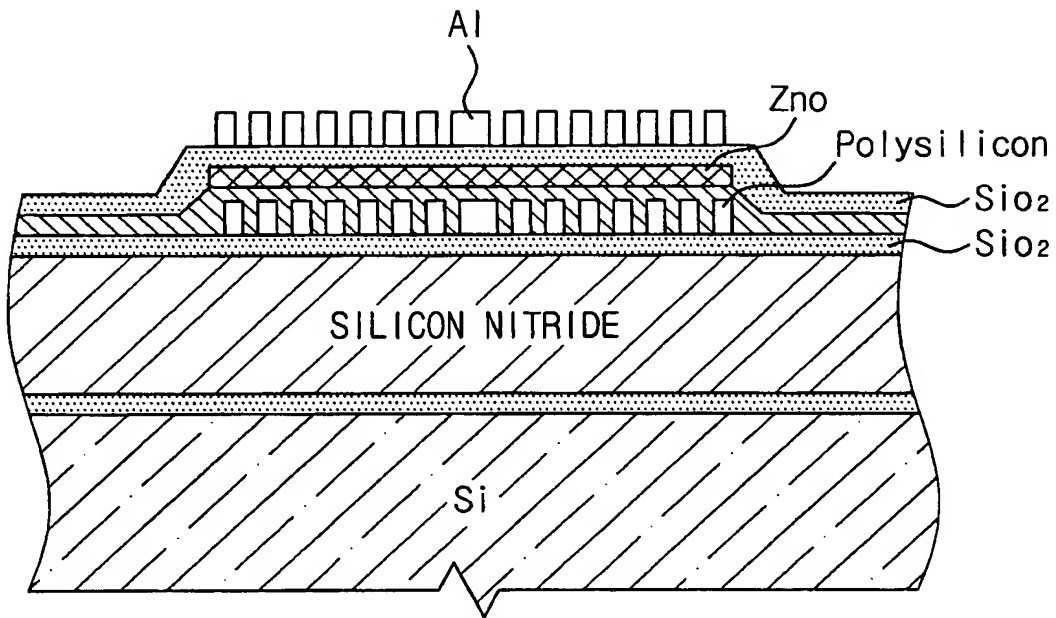
【청구항 41】

제 38항에 있어서,

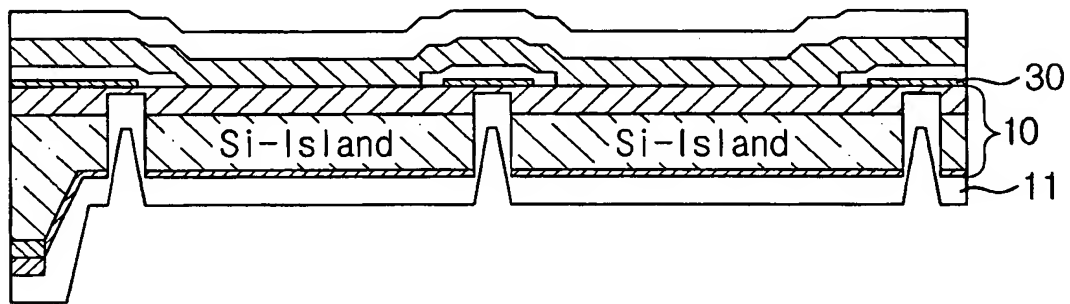
상기 적층된 플렉서블 MEMS 무선 마이크로폰을 소정의 3차원 모형을 구성하는 면의 형상에 따라 절단하고, 설정된 각도에 따라 꺾어서 상기 3차원 모형으로 조립하여 형성되는 것을 특징으로 하는 플렉서블 MEMS 무선 마이크로폰.

## 【도면】

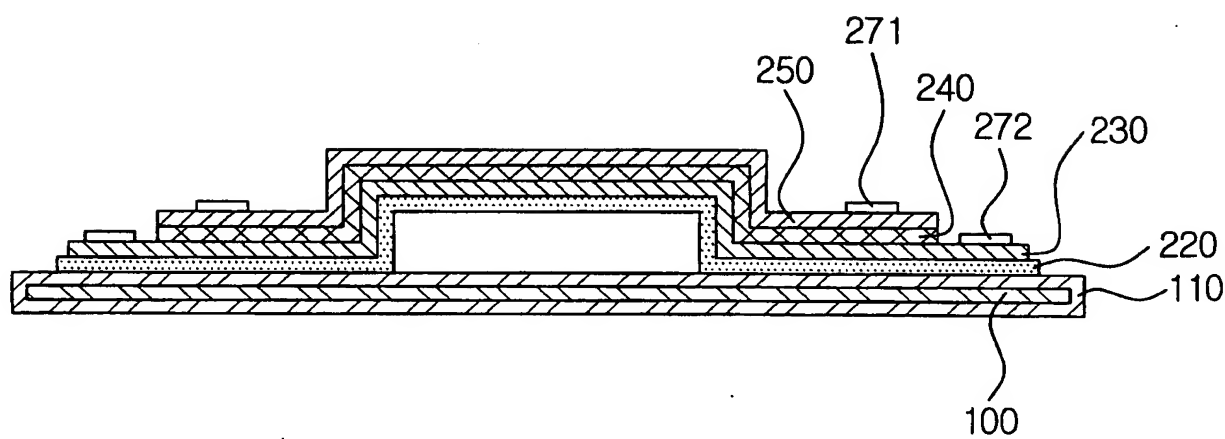
【도 1】



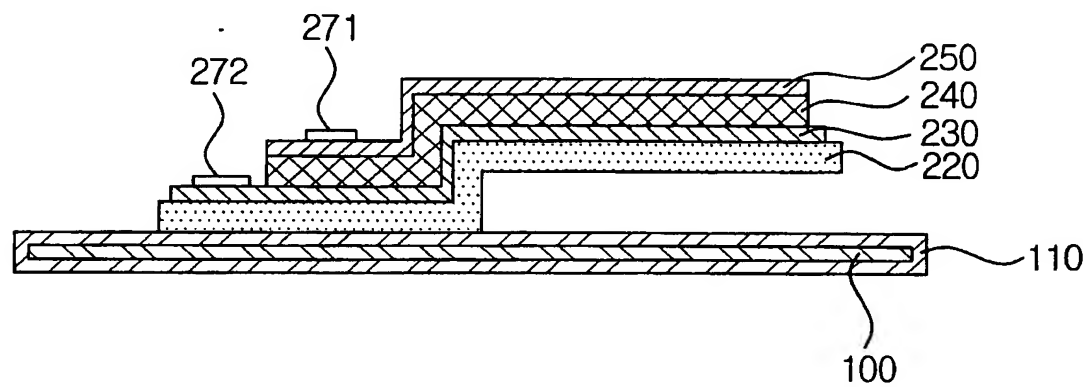
【도 2】



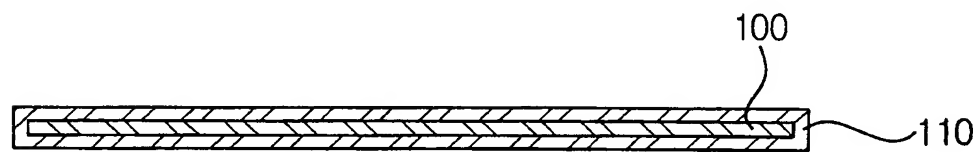
【도 3】



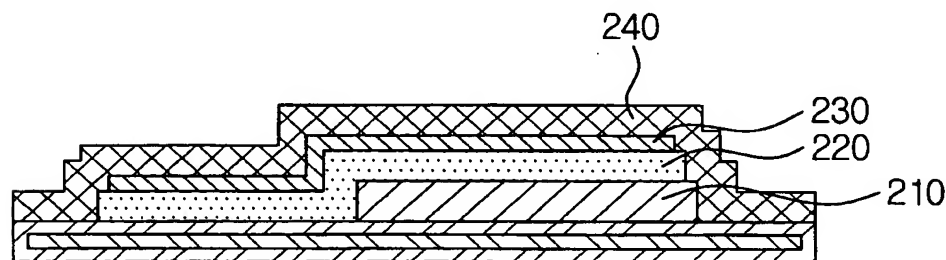
【도 4】



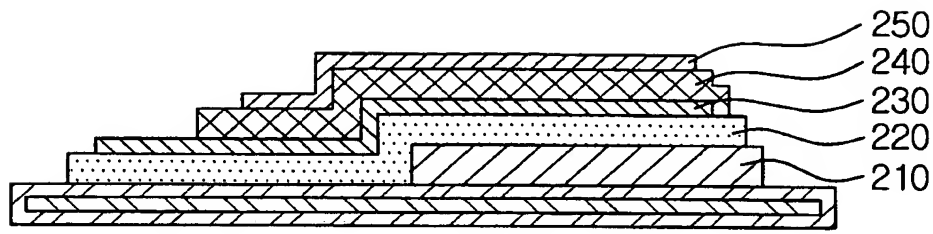
【도 5a】



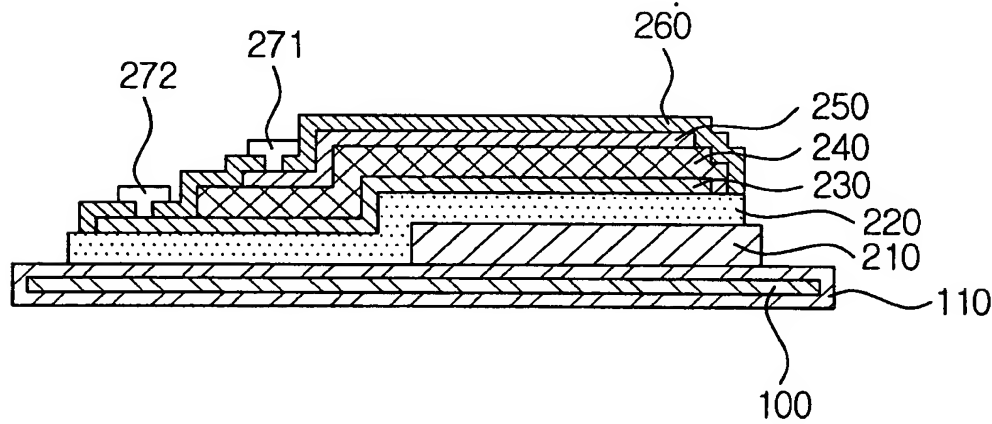
【도 5b】



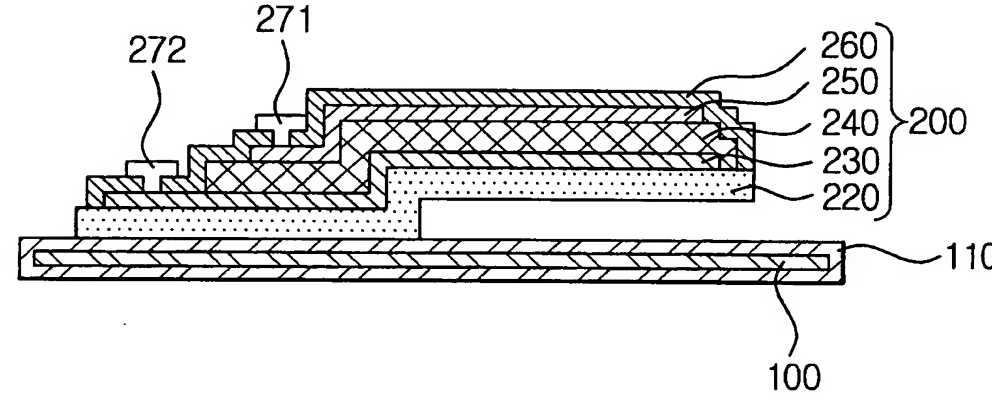
【도 5c】



【도 5d】

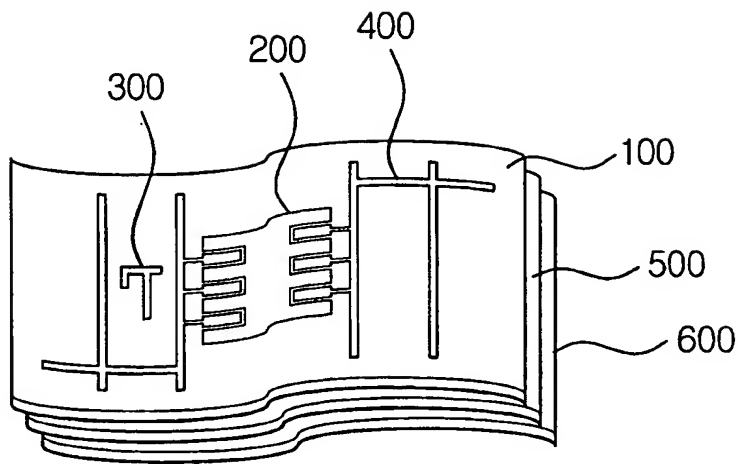


【도 5e】





【도 6】



【도 7】

